



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ESTÁGIO INTEGRADO

RELATÓRIO FINAL

RR TELECOMUNICAÇÕES
SERVIÇO AUTORIZADO MOTOROLA

ALUNO: JOSÉ ERALDO MACHADO JÚNIOR

ORIENTADOR: JOSÉ GUTEMBERGUE DE ASSIS LIRA

Abril de 2000

Estagiário: José Eraldo Machado Júnior

Matrícula: 029821148-9

Curso: Engenharia Elétrica

Empresa: RR Telecomunicações
Serviço Autorizado Motorola

Local: Recife – PE

Departamento: Laboratório de Telecomunicações

Supervisor Técnico: Eng. Milton Reis

Tipo de Estágio: Integrado

Período: Novembro de 1999 a Março de 2000

Orientador: José Gutemberg de Assis Lira

Professor Convidado: Bruno Barbosa Albert

Coordenador de Estágios: João de França Barbosa



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**RELATÓRIO FINAL DA DISCIPLINA ESTÁGIO
INTEGRADO DO CURSO DE ENGENHARIA
ELÉTRICA**

***RR TELECOMUNICAÇÕES
SERVIÇO AUTORIZADO MOTOROLA***

ALUNO:

José Eraldo Machado Júnior

ORIENTADOR:

José Gutemberg de Assis Lira

Relatório apresentado à
Coordenação de Estágios do curso de
graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal da Paraíba como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Abril de 2000

Dedicatória

Aos meus pais, José Eraldo Machado e Cacilda Tenório Oliveira Machado, pelo amor, dedicação e total apoio a mim dispensados, durante toda a minha vida.

Agradecimentos

À minha noiva, Claudia Georgia, cujo carinho e incentivo foram essenciais, durante a minha formação acadêmica.

A Breno Gustavo e Marcos Artur, pela grande amizade e apoio.

A todos aqueles que formam o laboratório da RR Telecomunicações, em especial a Jefferson Tenório e Leonilda Ferreira, pela paciência e companheirismo.

E, por fim, a todas as pessoas que de forma direta ou indireta tiveram participação nesta longa caminhada.

Sumário

<i>Dedicatória</i>	3
<i>Agradecimentos</i>	4
1. Introdução	6
2. Telefonia Móvel Celular	7
2.1 Introdução	7
2.2 Descrição do Sistema Celular	7
2.3 Estrutura do Sistema Celular	8
2.4 Funcionamento	8
2.5 Alocação de Canais no Sistema AMPS	9
2.6 Os Canais do Sistema Celular	10
2.7 Sinais do Sistema Celular	11
2.8 Desvios	12
2.9 Sistemas Digitais	12
2.10 Processamento de Chamadas	13
3. A Motorola	17
4. O Serviço Autorizado Motorola (SAM)	21
5. O Estágio no SAM	23
6. UltraTAC 700/750	27
7. Teoria de operação	28
7.1 Introdução	28
7.2 Modo duplo de operação	28
7.3 Canal de controle digital (DCCH)	28
7.4 Sintetizador de frequência	29
7.5 Circuitos receptores de RF	29
7.6 Circuitos receptores de áudio	30
7.7 Circuitos transmissores de áudio	30
7.8 Circuitos transmissores de RF	31
7.9 Circuitos lógicos de áudio	32
7.10 Placa de teclado	32
8. Procedimento para análise e reparo de aparelhos de telefonia celular móvel	36
9. Conclusão	38
10. Bibliografia	39

1. Introdução

O presente relatório de estágio, realizado na RR Telecomunicações – Serviço Autorizado Motorola, no período de Novembro de 1999 a Fevereiro de 2000, contém informações sobre as atividades ali desenvolvidas e conhecimentos adquiridos, indo desde o atendimento ao cliente, passando pela manutenção das placas dos aparelhos de telefonia celular, até procedimentos administrativos.

Inicialmente, é mostrado um resumo da teoria sobre o sistema de telefonia móvel celular. Em seguida, é feito um breve relato da história da Motorola Incorporation e de sua representação no Brasil. Por fim, temos a descrição das atividades realizadas na empresa e a apresentação de um roteiro para a realização de manutenção em placas de aparelhos de telefonia móvel celular.

2. Telefonia Móvel Celular

2.1 Introdução

Há cerca de vinte anos, o sistema de telefonia móvel começou a surgir. A princípio, existiam muitas limitações devido a tecnologia disponível.

O sistema de telefonia celular começou a ser testado comercialmente pela primeira vez em Chicago/USA pela Motorola Inc., em 1982, sendo inicialmente utilizado o sistema AMPS (Advanced Mobile Phone System), chamado de *analógico* e que está em operação ainda hoje.

2.2 Descrição do Sistema Celular

Um sistema celular consiste de um modelo contínuo de células hexagonais, onde cada uma destas células pode ter seu raio variando, em função da densidade de tráfego das comunicações. Dentro de cada célula estão localizadas, estrategicamente, as Estações Rádio Base (ERBs), que contém a antena e todo o sistema de rádio daquela célula.

Os transmissores usados são, geralmente, de baixa potência, devido ao tamanho reduzido das células. Todas as ERBs estão interligadas a uma Central de Comutação e Controle (CCC), que é responsável pela administração das mesmas e também tem como função a interligação entre o sistema celular e as centrais telefônicas convencionais.

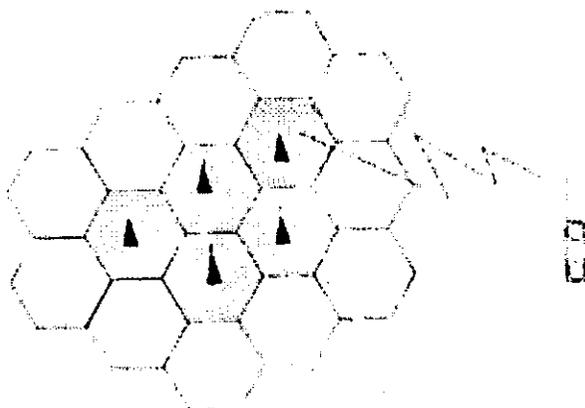


Figura 1: Descrição do sistema celular

2.3 Estrutura do Sistema Celular

O sistema celular é composto pelos seguintes elementos:

Unidade celular do assinante:

- telefone portátil, transportável, veicular ou rural

Canais de Rádio:

- transportam áudio e dados entre o terminal celular e a ERB;

ERB (Estação Rádio Base):

- responsável pelo link de RF com as unidades celulares de assinantes;
- monitora a unidade do assinante;

CCC (Central de Comutação e Controle):

- Coordena as ligações entre as centrais telefônicas convencionais e celulares, assim como o link entre a unidade celular e as ERBs.
- Responde a um nível de sinal fraco vindo do telefone assinante (RSSI), redirecionando-o para uma outra ERB, que esteja captando o sinal deste telefone com maior intensidade.

2.4 Funcionamento

Na alocação do espectro do padrão AMPS o canal de rádio utiliza frequências separadas para a transmissão da estação móvel e para a transmissão da ERB (operação duplex).

O sistema AMPS foi desenvolvido para operar na faixa de 800MHz com disponibilidade inicial de 666 canais, cada um com largura de 30 KHz e separação duplex de 45MHz.

Com o passar do tempo, aumentou-se o número de usuários e fez -se necessário a ampliação do número de canais, sendo criado, assim, o sistema EAMPS (Extended Advanced Mobile Phone System), com 832 canais.

Por estes canais trafegam dados, voz e outros tons de sinalização, necessários à manutenção das ligações.

2.5 Alocação de Canais no Sistema AMPS

- 825 a 845 MHz: 666 canais de 30 KHz, cada um, para comunicação no sentido Estação Móvel (EM) – Estação Rádio Base (ERB);
- 870 a 890 MHz: 666 canais de 30 KHz, cada um, para comunicação no sentido ERB-EM;
- O conjunto de 666 canais é dividido em dois sistemas, Banda A e Banda B, cada qual podendo ser explorado por uma companhia operadora diferente;
- Cada operadora pode comercializar 333 canais, dos quais 312 são canais de voz e 21 são canais de controle;
- Os canais são numerados de 1 a 333 (Sistema A) e de 334 a 666 (Sistema B), a partir do canal de frequência mais baixa em cada sistema.

Como já comentado anteriormente, o sistema **EAMPS** constitui-se de 832 canais, que são alocados da seguinte forma:

- 824 a 849 MHz: 832 canais de 30 KHz, cada um, no sentido **EM-ERB**;
- 869 a 890 MHz: 832 canais de 30 KHz, cada um, no sentido **ERB-EM**.

Existe a necessidade de separar estes canais, de forma que um não interfira no outro.

Existe dentro dos telefones celulares, um circuito limitador de desvio, que assegura que os níveis máximos de modulação serão entregues à portadora, sem prejuízo aos canais adjacentes.

Outro ponto importante é a separação duplex, ou seja, a separação entre a frequência de transmissão e recepção, que é de 45 MHz. Esta separação é necessária para que não haja interferência no circuito receptor causada pelo próprio transmissor do telefone.

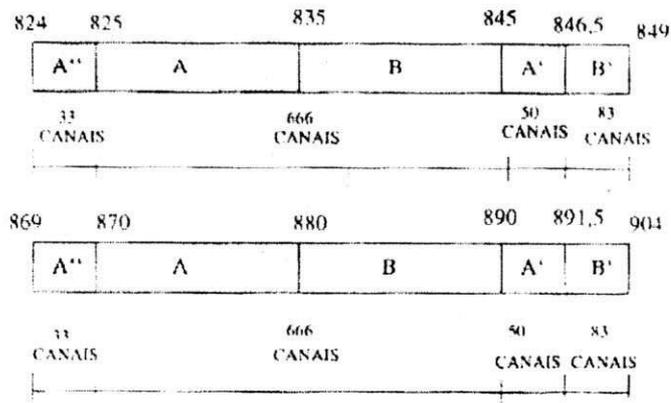


Figura 2: Faixas de frequência

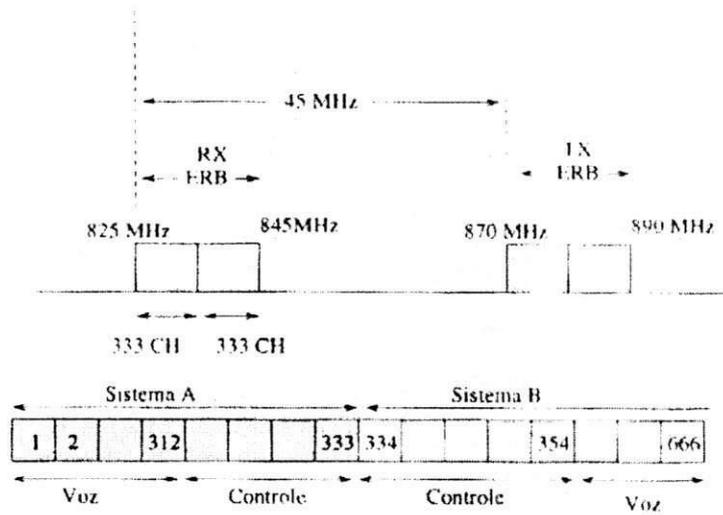


Figura 3: Alocação de canais no sistema AMPS

2.6 Os Canais do Sistema Celular

Como já foi dito anteriormente, existem dois tipos de canais de transmissão entre a ERB e a EM:

Canais de Controle

Um terminal telefônico celular está sempre sobre o controle indireto de comutadores. Os comutadores controlam os canais com o objetivo de fornecer a sinalização necessária para se estabelecer uma ligação.

Os canais de controle são utilizados somente para tráfego de dados digitais entre a ERB e o terminal telefônico celular, onde normalmente utiliza-se modulação FFSK(Fast Frequency Shift Keying).

Canais de voz

Os canais de voz são fundamentalmente usados para conversação, mas também são empregados na sinalização de *hand-offs* entre células, controle de potência e transmissão de dados entre a ERB e o terminal telefônico celular.

2.7 Sinais do Sistema Celular

SAT - *Supervisory Audio Tone*: É um tom de áudio que pode assumir as frequências de 5970Hz, 6000Hz e 6030Hz. É responsável por supervisionar o andamento da ligação telefônica. É transmitido somente durante ligações, ou seja, em canais de voz. A ERB transmite o SAT e o telefone tem a obrigação de transmiti-lo de volta, informando à central de controle que ele está no ar. Caso este sinal não seja retransmitido por mais de 5 segundos, a central entende que a ligação se perdeu e desfaz a conexão com o telefone.

ST - *Signaling Tone*: É um tom de 10KHz utilizado pela unidade móvel, através do canal de voz reverso(ou seja, somente transmitido pelo telefone), para sinalizar certas atividades ou reconhecer comandos diversos vindo da central celular, incluindo hand-offs, terminação de chamadas, paging order e switchhook (não disponível em alguns sistemas).

Para cada sinalização, utiliza-se o ST com uma duração diferente. Por exemplo, ao se atender uma ligação, o telefone celular envia à central celular um ST com duração de 216 ms e a central entende que o usuário atendeu a ligação. No momento de finalizar a ligação, o telefone transmite um ST com duração de 1,8 s, levando a central a terminar a chamada.

DTMF - *Dual Tone Multi Frequency*: É um tom utilizado somente nos canais de voz. Cada tom utiliza duas frequências diferentes, identificando assim, os números do teclado (cada um utiliza um tom DTMF).

O DTMF é utilizado para se acessar serviços bancários, caixa postal, etc.

Frequências dos tons DTMF:

Tecla	Low Tone	High Tone	Tecla	Low Tone	High Tone
1	697 Hz	1209 Hz	7	852 Hz	1209 Hz
2	697 Hz	1336 Hz	8	852 Hz	1336 Hz
3	697 Hz	1477 Hz	9	852 Hz	1477 Hz
4	770 Hz	1209 Hz	0	941 Hz	1209 Hz
5	770 Hz	1336 Hz	*	941 Hz	1336 Hz
6	770 Hz	1477 Hz	#	941 Hz	1477 Hz

DATA - Transmitido a 10 Kbps em AMPS, é um tom utilizado para envio de ordens da central telefônica (overhead message) para a unidade móvel e para que o telefone se registre no sistema. Em AMPS, o tom DATA é transmitido em FSK, que faz a portadora deslocar-se 8KHz entre nível alto e baixo, representando assim uma seqüência lógica. É transmitido constantemente nos canais de controle e aleatoriamente em canais de voz (nestes casos, o áudio é emudecido).

2.8 Desvios

Como já mencionado anteriormente, cada um dos 832 canais do sistema AMPS tem 30KHz de largura, sendo necessário, portanto, limitar a quantidade de modulação de cada um destes canais, de forma que não haja interferência entre canais adjacentes. Abaixo encontram-se os valores máximos de desvio para cada tom:

SAT - Frequências utilizadas: 5970Hz, 6000Hz, 6030Hz.

Desvio máximo de modulação: 2KHz.

ST - Tom de 10KHz com desvio máximo de 8KHz.

AUDIO - Inclui o áudio do microfone do aparelho celular e o DTMF, com desvio máximo de 12KHz.

DATA - Desvio máximo de 8KHz

2.9 Sistemas Digitais

Filosofias distintas orientaram o desenvolvimento dos sistemas digitais que constituem a base da segunda geração da telefonia móvel celular. Todos, porém, oferecem as mesmas vantagens básicas em relação aos sistemas analógicos:

- Melhoria da eficiência espectral;
- Rejeição à interferência;
- Imunidade ao ambiente de propagação;
- Utilização de códigos corretores de erros.

Os principais padrões de sistemas digitais de telefonia móvel celular adotados no mundo são: Padrão Americano TDMA, Padrão Americano CDMA, Padrão Europeu (GSM) e Padrão Japonês (similar ao Padrão Americano TDMA).

2.10 Processamento de Chamadas

Registro

O telefone celular, ao ser ligado, passa por um auto-teste de diagnóstico, e, logo após, é efetuado um registro no sistema, que significa a identificação do aparelho para a central telefônica celular, ou seja, é informado à central qual o número da linha telefônica do aparelho (NAM) e o número de série eletrônico (ESN).

Este procedimento serve para que a central reconheça o par ESN/NAM e verifique se o mesmo é válido(se o aparelho está habilitado). Também serve para que a Central de Comutação e Controle (CCC) saiba onde procurar o telefone quando este recebe uma chamada de outro número, seja ele celular ou convencional.

Para que o telefone possa registrar-se, ele primeiro procura todos os canais de controle e sintoniza o mais forte (utiliza o RSSI para efetuar a medição).

O telefone irá ficar sintonizado no canal de controle até que o usuário deseje efetuar uma ligação ou até que seja feito um *paging* (busca) para o terminal celular. Nesta situação, o telefone irá acessar um canal de voz para que se estabeleça a comunicação com o interlocutor.

Iniciando uma chamada

Quando o usuário deseja efetuar uma ligação, o telefone tenta acessar o sistema, buscando o canal de controle que tiver o sinal mais forte. Encontrado este canal, o telefone transmite um pedido à ERB para que se complete a ligação e fica, então, aguardando uma resposta da mesma, que irá informar à unidade móvel qual canal de voz ele deverá acessar. Recebida esta informação, o telefone

sintoniza o canal de voz que lhe foi alocado e que já está livre para a conversação.

Recebendo uma chamada

Antes de uma ligação ser recebida pelo telefone, uma chamada de busca é transmitida pela ERB onde está localizado o telefone. Ao receber a ordem de busca (paging), o telefone alterna para o canal de voz que lhe foi alocado e a conexão é feita. Através do canal de voz, a ERB envia uma mensagem para que o telefone toque a campainha ou ative o *Vibracall*[®], de forma que o usuário saiba que há uma ligação sendo recebida.

Power Level Change

Durante uma conversação, a ERB monitora o RSSI do telefone celular. À medida que o telefone se move para perto ou longe desta determinada ERB, será necessário diminuir ou aumentar a potência transmitida, de forma que a ligação não se interrompa. Essa mudança no nível de potência transmitida tem reflexo direto sobre o consumo de energia, ou seja, a duração da bateria. Estando o telefone bem perto da ERB, não será necessário transmitir no nível máximo de potência. A ERB, portanto, envia uma ordem ao telefone para que ele baixe a potência do sinal.

Deve-se salientar que existem níveis de potência diferentes para telefones portáteis e para transportáveis/veiculares.

Hand-off

Entende-se por Hand-off a transição entre duas células ou duas ERBs. Como visto anteriormente, o telefone celular pode transmitir em sete níveis de potência diferentes, tendo, portanto, um limite, quando o telefone se distancia da ERB a que está conectado e o sinal começa a ficar débil. Mesmo estando no nível máximo de potência, existe a necessidade de transição para uma ERB que esteja recebendo o sinal deste telefone com uma maior intensidade.

Desta forma, a central telefônica celular verifica qual das ERBs está recebendo este sinal com uma maior intensidade e, através da ERB de origem, envia uma ordem para que o telefone efetue um Hand-off e sintonize um canal

de voz que estiver disponível naquela célula que está recebendo a transferência. Esta “transferência” não é sentida pelo usuário, pois ocorre de, aproximadamente, 100 ms.

Roaming Automático

A função *Roaming Automático* funciona da seguinte forma:

1. Uma EM, ao entrar em uma nova área de controle, e não estando em conversação, registra-se automaticamente na CCC que controla essa área.
2. A CCC visitada irá verificar se essa EM não havia se registrado anteriormente. Caso esse procedimento não tenha sido efetuado, a CCC visitada irá informar à CCC domicílio sobre sua nova posição.
3. Esta última, por sua vez, registrará que área de serviço a EM está visitando. Após esse procedimento, o assinante visitante estará então habilitado a fazer e receber chamadas, como se estivesse em sua própria área de atendimento.

A mudança de uma ERB ligada a uma CCC para outra ERB ligada a outra CCC, durante uma chamada em andamento, é chamada *handoff* entre centrais.

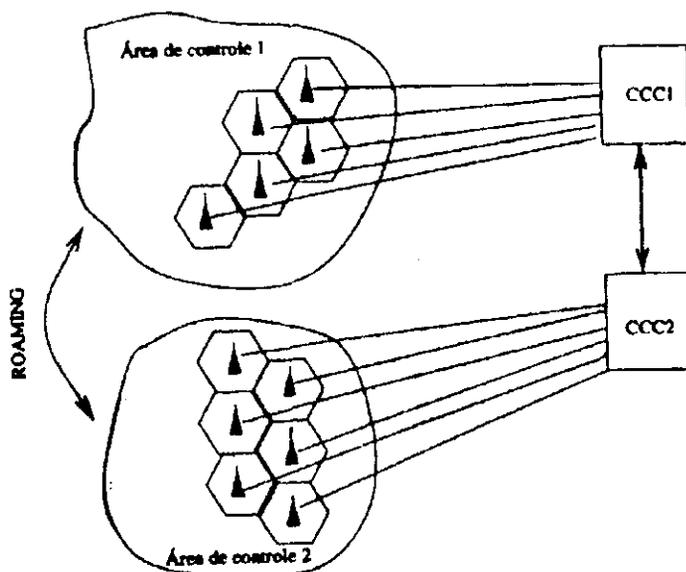


Figura 4: Roaming

Encerrando uma ligação

Uma chamada pode ser encerrada tanto pelo usuário do telefone celular como pelo outro participante da conversa.

Quando a tecla “END” é pressionada, o telefone celular envia à central celular um ST com duração de 1,8 s, para notificá-la do encerramento da chamada.

O interlocutor também pode encerrar a ligação do outro lado e, quando isto é feito, a central telefônica envia, através da ERB, um sinal ao telefone, notificando-o sobre o encerramento da chamada.

Uma ligação também pode ser encerrada, caso o SAT não seja retransmitido por mais de 5 s .

3. A Motorola

A evolução da Motorola e o gradativo desenvolvimento de seus produtos refletem o impacto da indústria eletrônica na vida do século XX.

A empresa iniciou suas atividades em 1928, nos EUA, como "Galvin Manufacturing Corporation", com apenas 5 funcionários. Seu primeiro produto foi um "eliminador de bateria", que possibilitava o uso de rádios residenciais em automóveis.

O primeiro rádio para automóveis realmente prático foi produzido em 1930. Devido à vontade do proprietário da empresa de unir a idéia de rádio com a palavra *victrola*, conhecida marca de eletrola da época, este rádio chamou-se *Motorola*.

Em 1940, a empresa desenvolveu o primeiro rádio AM portátil duplex, através do qual podia-se falar e ouvir, para as forças armadas americanas. Este rádio foi um dos símbolos da Segunda Guerra Mundial e também passou a ser instalado nos veículos da polícia.

Na década de 40, com 985 funcionários, foi criada uma divisão para estudos de comunicação e esta divisão passou a se chamar "Motorola Communications And Electronics Incorporation". Neste período, foi lançado pela empresa o rádio de comunicação FM duplex, com faixa mais ampla e mais sigiloso que os rádios AM.

A marca registrada Motorola tornou-se tão amplamente reconhecida que a Galvin Manufacturing Corporation passou a se chamar *Motorola Incorporation*.

Na década de 50, com 9325 funcionários e impulsionada pela invenção do transistor, a Motorola começou a desenvolver novos produtos, entre eles um novo sistema de rádio, composto por pequenos receptores chamados *pagets*, que tinha como principal característica a possibilidade de envio de mensagens distintas a diferentes usuários.

Devido ao alto nível de desenvolvimento alcançado no estudo dos semicondutores, a Motorola passou a ser fornecedora desta tecnologia para outras empresas da área.

Em conjunto com a National Video, a Motorola desenvolveu o primeiro tubo de imagem para a televisão em cores.

Em conjunto com a Ford e a RCA, foi desenvolvido o primeiro toca-fitas para automóveis, produto este que veio a ocupar a maior linha de produção da empresa.

Em 1969, as primeiras palavras do astronauta Neil Armstrong, ao pisar na Lua, foram transmitidas à Terra através de um transponder (rádio) produzido pela Motorola.

A Motorola também esteve presente na tecnologia utilizada em várias outras viagens espaciais, como as das sondas espaciais Viking II (Marte) e Voyager I (Saturno).

No início da década de 70, a Motorola introduz no mercado o seu primeiro microprocessador, o MC 6800.

Em 1977, a Motorola desenvolve um sistema de telecomunicações, chamado "celular", que consiste de estações de pequena área de cobertura (células) que mantêm contato entre si e utilizam telefones móveis e portáteis (celulares).

No final desta década, é lançado o primeiro microprocessador de 16 bits da empresa, o MC 68000, capaz de executar 2 milhões de cálculos por segundo.

O maior mercado inicial dos microprocessadores Motorola foi a indústria automotiva. Ford, General Motors e Chrysler se constituíram nos seus principais clientes.

Pouco tempo depois, é lançado o primeiro microprocessador de 32 bits, o MC 68020.

Em 1983, após vários anos de pesquisa e desenvolvimento, inicia-se a comercialização do primeiro sistema de telefonia móvel celular da companhia, o Dynatac.

Em 1992, é criada a Motorola do Brasil. Com a inauguração do novo escritório em São Paulo, a companhia expande suas atividades na América Latina.

Em 1995, a Motorola lança o primeiro Integrated Dispatch Enhanced Network (iDEN), que integra transmissão sem fios, dados e tecnologia de sistema de mensagens. Neste ano, é tomada a decisão de se instalar uma fábrica no Brasil.

Em 1996, a Motorola lança o StarTAC, o menor e mais leve aparelho celular do mundo. No mesmo ano, a companhia anuncia o projeto de uma rede de satélites chamada M-Star, destinada à transmissão global da voz, vídeo e transmissão de dados em alta velocidade. No Brasil, é construída e inaugurada a fábrica de aparelhos celulares em Jaguariúna-SP.

Em 1997, a Motorola do Brasil inaugura, também em Jaguariúna, a primeira fábrica de Estações Rádio Base para telefonia celular no País e, em Campinas, o Centro de Tecnologia de Semicondutores, o primeiro da América Latina.

Em 1998, são inauguradas, no Brasil, a primeira fábrica de Pagers da América do Sul, e a primeira fábrica de iDEN (Sistema Integrado Digital), fora dos Estados Unidos. A Motorola integra o consórcio **Global Telecom**, responsável pela Banda B de telefonia celular digital, nos Estados do Paraná e Santa Catarina.

Em 1999, ocorre o início das operações do Campus Industrial de Jaguariúna que, hoje, reúne as fábricas de celulares, pagers, estações rádio base para rede de telefonia celular e equipamentos iDEN, um novo conceito integrado de parque industrial. O Campus está localizado em um terreno de 800.000 metros quadrados e 64.500 metros quadrados de área construída.

A Motorola 2000

Com 65 fábricas, presente em mais de 1.100 localidades de 45 países e respondendo por 150 mil empregos diretos, a Motorola é, hoje, com um faturamento anual de US\$ 29,4 bilhões, líder mundial em soluções integradas de comunicação e de eletrônica, atuando em três grandes segmentos:

- Comunicação (Communications Enterprise)
- Semicondutores (SPS – Semiconductor Products Sector)
- Componentes eletrônicos, módulos e sistemas para mercados como o automobilístico, de computadores e de energia (ACCES – Automotive, Component, Computer and Energy Sector)

Seus principais produtos são equipamentos para telefonia sem fio, radiocomunicação bidirecional, sistemas de mensagens e comunicação por satélite, produtos para redes de computadores e acesso à Internet, sistemas eletrônicos integrados e soluções em semicondutores.

Na América Latina, a Motorola está presente, por meio de escritórios, na Argentina, Paraguai, Chile, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Porto Rico, El Salvador e Costa Rica, além das fábricas de Jaguariúna, no Brasil, e da Cidade do México, no México.

Em 1996, a Motorola tomou a decisão de fazer do Brasil a sua base industrial na América do Sul. Para concretizar este objetivo, a companhia passou a investir maciçamente na implantação de novas unidades fabris e na contratação de mão-de-obra. De um contingente inicial de cerca de 300 funcionários, há três anos, a empresa já conta com 2.500.

Em 1999, a Motorola anunciou importantes contratos para o fornecimento de aparelhos celulares e equipamentos de infra-estrutura. Com a Telefônica Celular, o acordo foi para fornecimento de aparelhos celulares digitais no valor de US\$ 188 milhões. Já com a Telesp Celular, o contrato foi de US\$ 400 milhões em terminais celulares e equipamentos de infra-estrutura.

Durante o ano 2000, a Motorola do Brasil estará investindo US\$ 60 milhões, visando triplicar sua produção de aparelhos celulares, de forma a atender a demanda explosiva do mercado brasileiro de telecomunicações.

Com isso, o volume deve chegar a 12 milhões de terminais de celulares fabricados por ano, fortalecendo assim, ainda mais, a posição de liderança da empresa no mercado nacional.

4. O Serviço Autorizado Motorola (SAM)

O SAM está presente nas principais cidades do país e tem a finalidade de oferecer assistência técnica especializada aos aparelhos de telefonia convencional, celular (móvel e fixa), aparelhos do sistema *Iridium* e aparelhos de rádio-freqüência do tipo "talk about" fabricados pela Motorola.

Todos os SAM's seguem padrões pré-estabelecidos pela Motorola do Brasil, que vão desde a organização do espaço físico, passam pelos equipamentos utilizados nos laboratórios, até procedimentos administrativos e comerciais.

O SAM Recife, onde foi realizado o estágio descrito neste relatório, é, como a maioria dos SAM's, estruturado da seguinte forma:

- **Atendimento:** funcionários responsáveis pelo atendimento direto ao cliente, descrição do estado físico dos equipamentos que dão entrada no SAM e confirmação, sempre que possível, dos defeitos reclamados pelo cliente;
- **Processamento de dados:** funcionário responsável pelo cadastramento e consultas sobre clientes e ordens de serviço (OS's);
- **Almoxarifado:** local de armazenamento do material de expediente, produtos químicos e equipamentos mecânicos utilizados no laboratório;
- **Estoque:** local de armazenamento dos componetes eletrônicos utilizados nos reparos dos equipamentos de RF que dão entrada no SAM;
- **Apoio:** funcionários responsáveis pela conservação, manutenção e segurança do espaço físico que abriga o SAM;
- **Setor financeiro:** responsável por todos os procedimentos de emissão de notas fiscais, pagamentos a fornecedores e funcionários, recolhimento de impostos e por toda movimentação financeira do SAM, em geral;
- **Gerência administrativa:** responsável pela coordenação de todo o funcionamento do SAM, em parceria com a gerência técnica;
- **Estagiários técnicos:** responsáveis, juntamente com os técnicos, pela análise e reparo dos equipamentos de RF que dão entrada no SAM;

- **Técnicos:** responsáveis, juntamente com os estagiários técnicos, pela análise e reparo dos equipamentos de RF que dão entrada no SAM;
- **Gerência técnica:** responsável pela coordenação do funcionamento do laboratório e pela análise e reparos mais complexos dos equipamentos de RF que dão entrada no SAM.

5. O Estágio no SAM

A primeira atividade desenvolvida durante o estágio no SAM Recife foi uma revisão da teoria sobre o sistema de telefonia móvel celular, ministrada pelo gerente técnico do SAM, com o auxílio do material de treinamento fornecido pela Motorola do Brasil.

Concluída esta revisão, o próximo passo foi a familiarização com os equipamentos utilizados no laboratório.

Apesar de alguns destes equipamentos utilizados no laboratório serem simples e já conhecidos pelo estagiário, desde o tempo das aulas práticas da Universidade, existem também equipamentos mais sofisticados e, até então, desconhecidos pelo estagiário, como por exemplo, estações de solda completas com temperatura regulável, simuladores para testes de aparelhos telefônicos celulares analógicos e digitais, etc.

Abaixo, são listados os principais equipamentos utilizados para análise e reparo dos aparelhos de RF Motorola, nos laboratórios dos SAM's:

- Multímetro;
- Osciloscópio;
- Microscópio;
- Estação de solda (ferro de solda com temperatura regulável, aquecedor com temperatura regulável, sugador a vácuo e exaustor);
- Analizador de espectro;
- Analizador de baterias;
- Simulador;
- Ferramentas anti-estáticas.



Figura 5: Ferro de solda com temperatura regulável

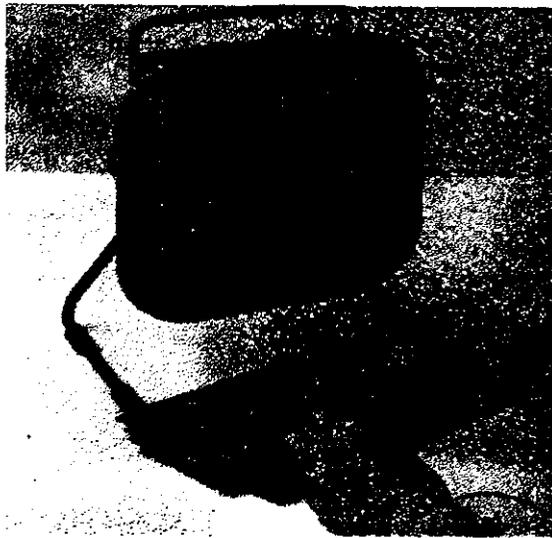


Figura 6: Exaustor

Dentre os equipamentos citados acima, merece destaque o simulador, que é fabricado pela HP - Hewlett Packard, e permite a realização de testes de potência de transmissão, recepção, áudio, desvio de frequência, entre outros, além de possibilitar a ampliação de seus recursos, através de softwares próprios e cartões de programação.

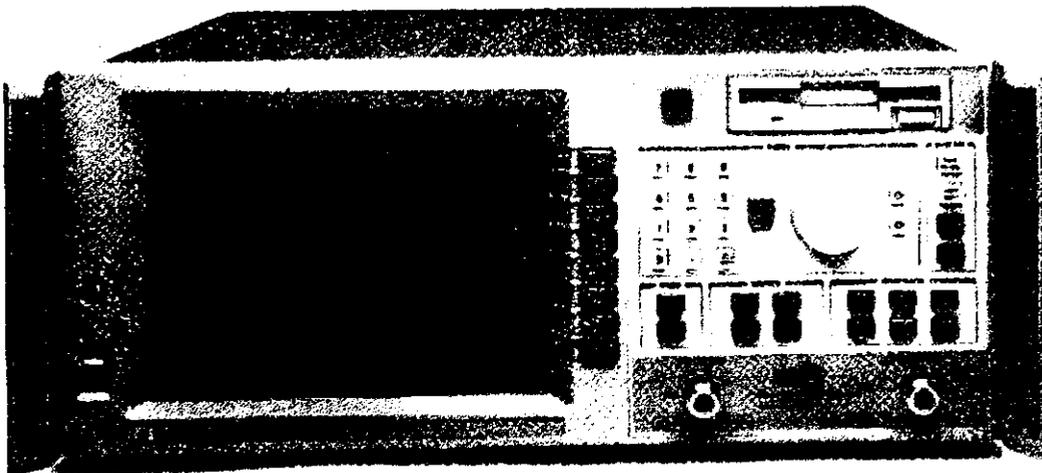


Figura 7: Simulador para equipamentos de RF

Dando seqüência ao treinamento do estagiário, foram apresentadas as técnicas de soldagem utilizadas no reparo das placas dos aparelhos de telefonia celular, assim como os produtos químicos e equipamentos empregados nesta atividade.

Deve-se salientar que toda explanação teórica era seguida de exemplos práticos e ao estagiário era dada a oportunidade de praticar exaustivamente o que lhe era ensinado e de tirar todas as dúvidas que, ocasionalmente, surgiam.

Também foram apresentadas as normas e procedimentos de segurança que devem ser observados por todos aqueles que trabalham nos laboratórios dos SAM's.

Um dos principais cuidados a serem tomados nos laboratórios dos SAM's, como também em todos os laboratórios de eletrônica, é a prevenção às descargas eletrostáticas.

No SAM Recife, devido ao clima úmido da cidade, os riscos provenientes de tais descargas são muito pequenos, entretanto, como todos os SAM's seguem os mesmos padrões exigidos pela Motorola do Brasil, as precauções adotadas são idênticas às dos SAM's de outras regiões do país.

A estática é algo com o qual convivemos todos os dias.

Muitas pessoas, alguma vez, ao tocar um objeto, particularmente na baixa umidade do inverno, já sentiram e, em alguns casos, puderam até mesmo ver uma descarga eletrostática.

São necessários 4.000 volts de estática para se fazer sentir uma descarga no corpo humano e 10.000 volts para vê-la.

As empresas fabricantes de componentes eletrônicos procuram tomar, cada vez mais, cuidados e prevenções quanto às descargas eletrostáticas. Os componentes MOS (Metal-Óxido-Silício), presentes em grande número de equipamentos, são os principais atingidos.

O crescente avanço tecnológico tem permitido a construção de componentes cada vez mais finos em espessura do chip e acondicionamento, resultando em dispositivos cada vez mais sensíveis às descargas eletrostáticas.

Os principais materiais geradores de eletrostática são: plástico (polietileno, vinil, poliuretano), espuma, tecidos sintéticos, fibra de vidro, vidro e borracha.

A estática é gerada esfregando-se, deslizando-se ou separando-se os materiais acima citados. Tais movimentos podem resultar na produção de tensões eletrostáticas tão altas quanto 35.000 volts ou mais.

O potencial de risco devido às descargas eletrostáticas pode ser consideravelmente reduzido, ou até mesmo eliminado, através da implementação de alguns simples e efetivos sistemas de controle:

- bancadas com mantas (dissipativas ou condutivas);
- pulseiras de aterramento;
- tapetes ou solos condutivos;
- uso de ferramentas e gaveteiros para acondicionar componentes eletrônicos anti-estáticos;
- transporte de componentes eletrônicos em embalagens anti-estáticas.

Todas as formas de prevenção contra descargas eletrostáticas citadas acima são adotadas nos laboratórios dos SAM's.

Outro cuidado importante observado nos laboratórios dos SAM's diz respeito à inalação de fumaça e produtos químicos, principalmente durante a soldagem de componentes eletrônicos.

Além dos exaustores utilizados em cada bancada, e já citados anteriormente, são utilizadas também máscaras de proteção, na tentativa de se eliminar os riscos à saúde dos técnicos devidos a esta atividade.

Devido ao contato diário com ferramentas pontiagudas e, às vezes, componentes eletrônicos e peças metálicas enferrujadas, todos os funcionários do laboratório são orientados a se vacinarem contra o tétano.

Também fazem parte do equipamento de proteção de todos aqueles que trabalham nos laboratórios dos SAM's luvas plásticas ou de borracha que servem para evitar o contato direto com produtos químicos ou "substâncias desconhecidas", que por ventura venham a ser encontradas no interior dos equipamentos a serem reparados.

6. UltraTAC 700/750

Com a finalidade de ilustrar a teoria de funcionamento de um aparelho de telefonia móvel celular e os procedimentos de reparo que devem ser observados, será tomado como referência o aparelho UltraTAC 700/750, projetado pela Motorola para funcionar no sistema TDMA de telefonia celular.

ESPECIFICAÇÕES:

Gerais

Função	Especificação
Frequência de operação	824.04 – 848.97 MHz Tx 869.04 – 893.97 MHz Rx
Operação	Dupla capacidade de operação (EAMPS e NADC)
Espaçamento entre canais	30 kHz
Espaçamento duplex	45 MHz
Impedância de entrada/saída	50 ohms
Tensão de operação	6.0 V dc
Dimensões	162 x 61 x 18 mm (com uma bateria standard)
Peso	326 g (com bateria NiMH extra capacity) 252.3 g (com bateria NiMH standard)
Display	2 linhas, 10 caracteres, matriz de ponto de cristal líquido (700) 2 linhas, 10 caracteres, matriz de ponto de LED (750)
Potência de saída	0.6 W (28.0 dBm)
Controle de potência automático	10,4 dB p/ step

Ambientais

Função	Especificação
Temperatura de operação	- 30°C a +60°C
Humidade	- 95 a + 90% (Humidade relativa)

7. Teoria de operação

7.1 Introdução

O circuito do transceptor UltraTAC 700/750 encontra-se distribuído em duas placas de circuito, a placa audiológica/RF e a placa do display. A placa audiológica/RF, como o próprio nome diz, contém a maioria dos circuitos audiológicos e de radiofrequência e a placa do display, ou de teclado, contém o display, chaves e luzes do teclado.

7.2 Modo duplo de operação

O UltraTAC 700/750 é capaz de operar em dois modos, EAMPS e NADC. Os vários CI's da placa do transceptor são capazes de gerar e decodificar os sinais de controle necessários ao funcionamento no modo analógico, usando modulação FM, assim como no modo digital, usando modulação $\pi/4$ DQPSK.

7.3 Canal de controle digital (DCCH)

O UltraTAC 700/750 foi projetado de acordo com a especificação IS-136. A IS-136 estabelece um novo mecanismo de canal de controle, chamado de canal de controle digital (DCCH). O DCCH introduz novas funcionalidades e aumenta as potencialidades do UltraTAC 700/750.

O DCCH possibilita os seguintes recursos:

- *Sleep mode*;
- Serviço de mensagens curtas;
- Busca automática de sistema (analógico ou digital);
- Estrutura de células hierárquicas;
- Operação em sistema público, privado e residencial;
- Suporte para sistema de comunicação pessoal (PCS);
- Estrutura para futuras expansões;
- Suporte para múltiplos *vocoders*.

7.4 Sintetizador de frequência

O primeiro oscilador local (LO) VCO (Oscilador Controlado por Tensão) é controlado da seguinte forma:

- Um sintetizador PLL;
- Um oscilador de referência de 19.44 MHz

O circuito opera com uma realimentação para garantir que o VCO produza a frequência desejada, entre 914-939 MHz. O sinal é enviado para o primeiro misturador receptor e também para o misturador de offset transmissor. O sintetizador habilita e desabilita os filtros que serão usados na realimentação para a operação analógica ou digital, do receptor e transmissor.

A frequência fixada de 90 MHz do VCO PLL é usada para gerar a frequência de offset de transmissão. O circuito PPL está contido no CI ZIF/SYN.

O segundo oscilador local do receptor é um PLL de frequência fixa, operando a 88 MHz. A maioria desse circuito está contido no CI ZIF/SYN

7.5 Circuitos receptores de RF

O sinal recebido de uma antena, interna ou externa, passa através de um circuito de RF chaveado controlado por software. Depois do chaveamento, o sinal recebido passa através do filtro duplex FL450 e, então, entra no FEIC (CI U010). O sinal recebido é amplificado dentro do FEIC e filtrado por um filtro externo FL010. Após isso, é misturado com o sinal proveniente do primeiro oscilador local, dentro do FEIC. O sinal IF de 45 MHz resultante é filtrado pelo FL020 e enviado para o CI ZIF/SYN. O sinal IF de 45 MHz é misturado no CI ZIF com o sinal gerado no segundo oscilador local. Do CI ZIF saem cinco importantes sinais de recepção.

Na operação analógica, a saída do Discriminador de Áudio é conduzida para o CI DCI.

Na operação digital, os sinais RX-I e RX-Q, modulados em $\pi/4$ DQPSK, são enviados para o CI DCI.

O sinal lógico Frequency Error do ZIF é conduzido para o microprocessador com o objetivo de auxiliar a operação cíclica do Controle de Frequência Automático (AFC), para obter a estabilidade de, aproximadamente, 200 Hz, requerida para a operação digital. O modo analógico também usa AFC.

Ambos os modos (analógico e digital) usam a saída RSSI (Indicador de Intensidade de Sinal Recebido) do ZIF. O sinal DC RSSI é conduzido para uma entrada A/D no microprocessador.

O ZIF/SYN utiliza circuitos de Controle de Atenuação e Controle de Ganho Automático (AGC), que são controlados por saídas provenientes do DCI (Interface de Controle Digital). Esses circuitos auxiliam na estabilização do sinal recebido.

7.6 Circuitos receptores de áudio

No modo analógico, o discriminador de áudio proveniente do receptor é conduzido para o DCI e, então, digitalizado e enviado, via barramento da Interface Serial Síncrona (SSI), para o U1900 (DSP). O modem envia o sinal de áudio digitalizado, via barramento de dados, para o CI U1700. O U1700 envia os dados recebidos via barramento de dados para o CI CODEC (U1605). O áudio é processado e convertido de volta a um sinal analógico, que é enviado através do roteador de áudio, o CI U1600, para o GCAP (U1550). O áudio RX pode, então, ser encaminhado para o alto-falante, um acessório ou equipamento de teste conectado ao conector J3.

No modo digital, os sinais analógicos RX-I e RX-Q, modulados em $\pi/4$ DQPSK, são enviados para o DCI, onde são digitalizados. Os dados recebidos são enviados via barramento SSI e processados e decodificados no U1900. O U1900 envia os dados decodificados para o U1700. O U1700, então, envia os dados decodificados recebidos via barramento de dados para o U1605. O áudio é, então, processado e convertido de volta para a forma de sinal analógico, sendo enviado, através do roteador de áudio (U1600), para o GCAP (U1550). O áudio RX, da mesma forma que no modo analógico, pode, então, ser encaminhado para o alto-falante, um acessório ou equipamento de teste conectado ao conector J3

7.7 Circuitos transmissores de áudio

O áudio transmitido, TX AUDIO IN, tem origem no microfone, num acessório ou equipamento de teste, através do pino 8 do J3. O áudio transmitido vai diretamente para o roteador de áudio (U1600).

No modo analógico, o áudio TX sai do roteador de áudio e entra no CODEC (U1605) para ser digitalizado. O sinal digitalizado é enviado para o U1700 via barramento de dados. O U1700, então, envia este sinal para o DSP

(U1900) via barramento de dados. O DSP, por sua vez, processa o sinal e o envia via barramento SSI para o DCI, a fim de que este seja convertido para um sinal de saída analógico modulado em frequência.

No modo digital, o áudio TX sai do roteador de áudio e entra no CODEC para ser digitalizado. O sinal digitalizado é transmitido para o U1700 via barramento de dados. O U1700 envia este sinal para o DSP via barramento de dados. O DSP, então, processa o sinal e o envia para o DCI, via barramento SSI, para que este seja convertido num sinal de saída analógico $\pi/4$ DQPSK, na forma TX-I e TX-Q.

7.8 Circuitos transmissores de RF

No modo analógico, o áudio TX, modulado em frequência, oriundo do DCI é encaminhado ao QUADMOD (U300), onde é transformado no sinal 90 MHz TX Offset VCO.

No modo digital, os sinais transmitidos TX-I e TX-Q, oriundos do DCI são encaminhados ao QUADMOD (U300), onde são transformados no sinal 90 MHz TX Offset VCO.

Em ambos os modos, analógico e digital, o sinal de saída modulado de 90 MHz é misturado no QUADMOD com a frequência do primeiro oscilador local para produzir o sinal de transmissão de 824-849 MHz

No modo analógico, o sinal sai do QUADMOD na Linha de Saída Analógica e entra no chaveador U401, o qual é controlado pelo CDI via linha A_D.

Depois do chaveador, o sinal passa através do VCA (Atenuador Controlado por Tensão), controlado pelo DCI. Este sinal é, então, amplificado pelo Exeter Stage, filtrado pelo FL410 e enviado para o Final Estage PA (U450).

O PA é controlado em ambos os modos, analógico e digital, via linha A_D. O PA amplifica o sinal e o envia através de um circuito detector RF acoplado. Este circuito faz uma amostragem da amplitude do sinal e o converte em uma tensão DC. Esta tensão DC é enviada à entrada A/D do DCI para a realimentação do Controle de Potência. O DCI gera uma tensão DC para o VCA, a fim de ajustar os níveis de potência RF TX globais.

Depois, o sinal passa pelo circuito detector, continua através do filtro passa-faixa duplex FL450 e, finalmente, sai pela antena interna ou externa.

7.9 Circuitos lógicos de áudio

A maioria das funções lógicas são controladas pelo microprocessador principal. Este microprocessador usa memória interna, uma EPROM externa de 256K e 32K de RAM. A maioria dos modelos tem uma EPROM de 16K para armazenamento de dados do usuário (agenda). O processador recebe um clock de entrada de 7.68MHz, vindo do DCI.

O microprocessador principal possui barramento serial e paralelo, assim como conexões de portas I/O para monitoramento e controle das funções do aparelho. O barramento de interface periférica serial (SPI) se comunica com os CI's de controle e RF. O barramento de controle de três vias assíncrono (TRU, CMP e RTN) comunica-se a opções externas conectadas ao conector de acessórios J3.

O GCAP contém circuitos de inicialização, amplificadores de áudio, portas e também provê alimentação para a maioria dos CI's e outros componentes.

O DCI é uma importante interface entre as seções lógica e de RF. Ele contém conversores A/D e D/A, executa controle, geração e funções de filtragem essenciais para a interpretação e geração de dados para a operação nos modos analógico e digital. Ele também provê o clock de 7.68 MHz produzido a partir dos 19.44MHz do oscilador de referência.

Os processadores de sinais digitais, Vocoder e CODEC, são usados para a codificação e decodificação de voz. Estes dispositivos geram, processam e filtram a maioria dos dados de áudio e controle, usando um controle de software. A comunicação entre os CI's é executada via barramento de interface serial síncrona (SSI).

7.10 Placa de teclado

A placa de teclado contém o display, o alto-falante e a campainha.

O display é controlado pelo microprocessador via uma linha SPI. Os estados do teclado e do hook-switch são monitorados pelo microprocessador. O teclado é monitorado via linhas e colunas, matriz de dados, enquanto que o hook-switch é monitorado por uma porta de dados. Quando o teclado está ativado, o microprocessador ativa os LED's das luzes do teclado.

O áudio recebido da placa principal entra na placa do display e é guiado para o alto-falante. O áudio vindo do microfone é amplificado e guiado para a placa principal. A campainha conecta-se ao circuito amplificador de campainha na placa principal.

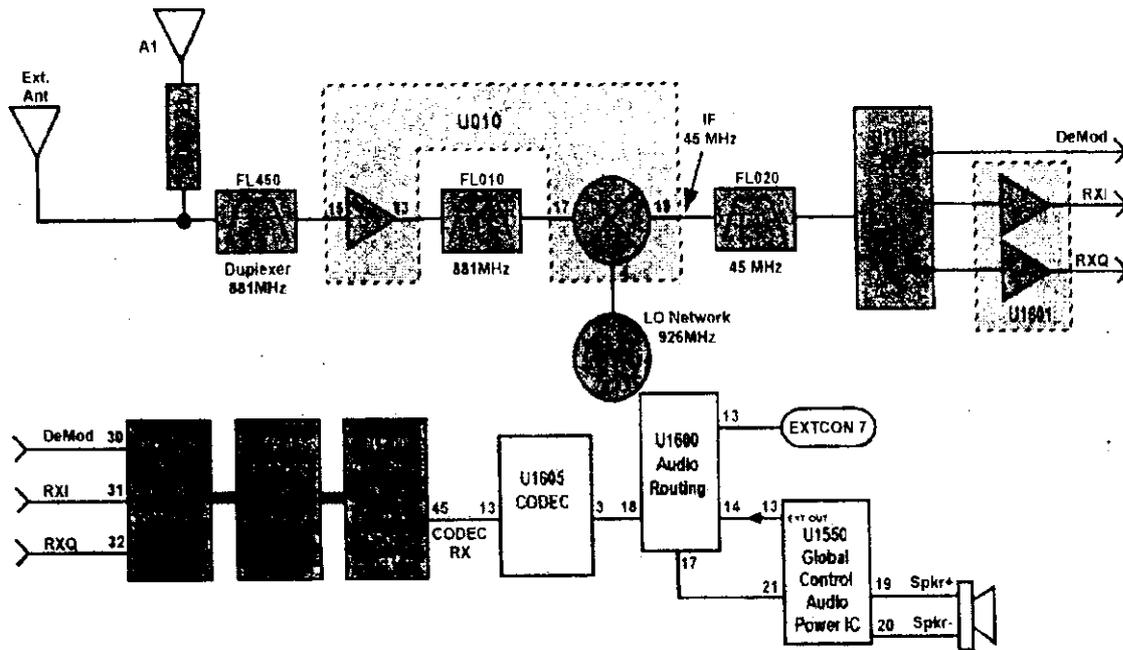


Figura 8: Diagrama de Blocos do Circuito RX – UltraTAC 700/750

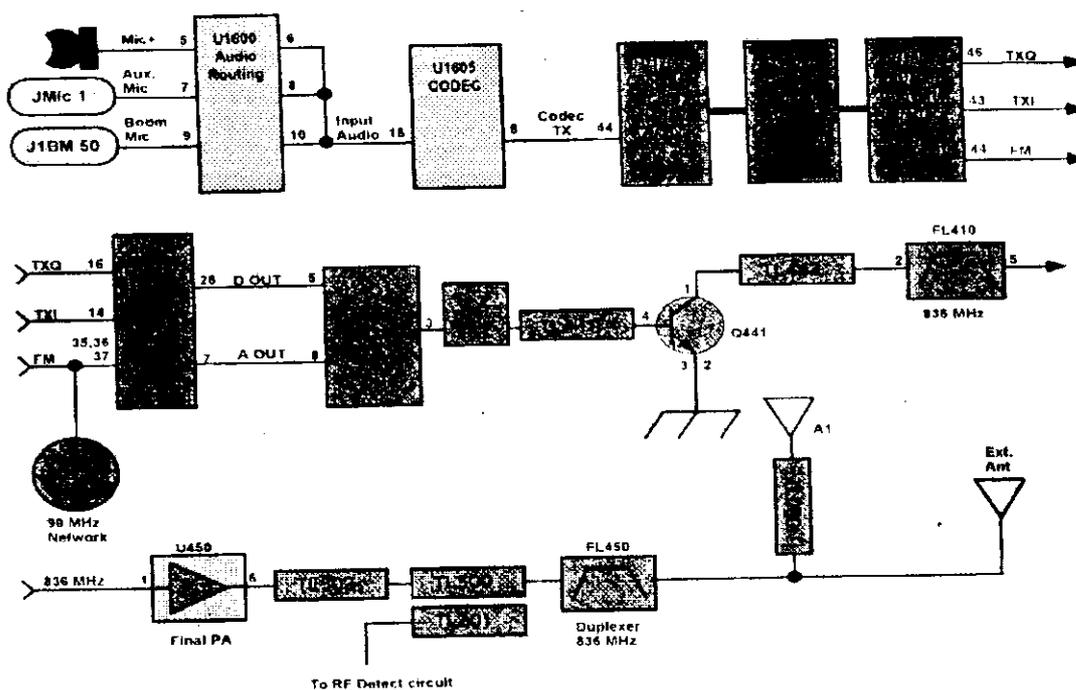


Figura 9: Diagrama de Blocos do Circuito TX – UltraTAC 700/750

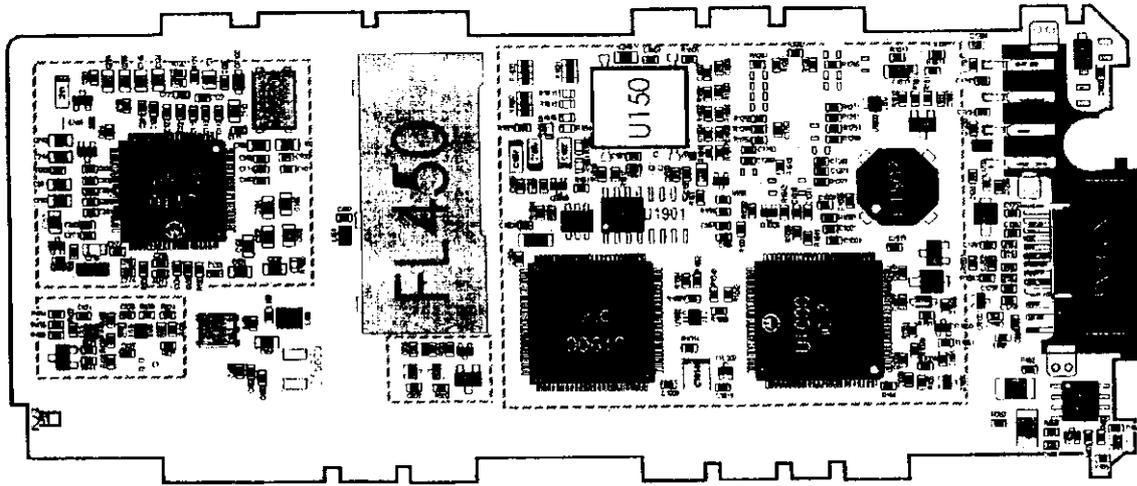


Figura 10: Placa Principal UltraTAC 700/750
(lado 1)

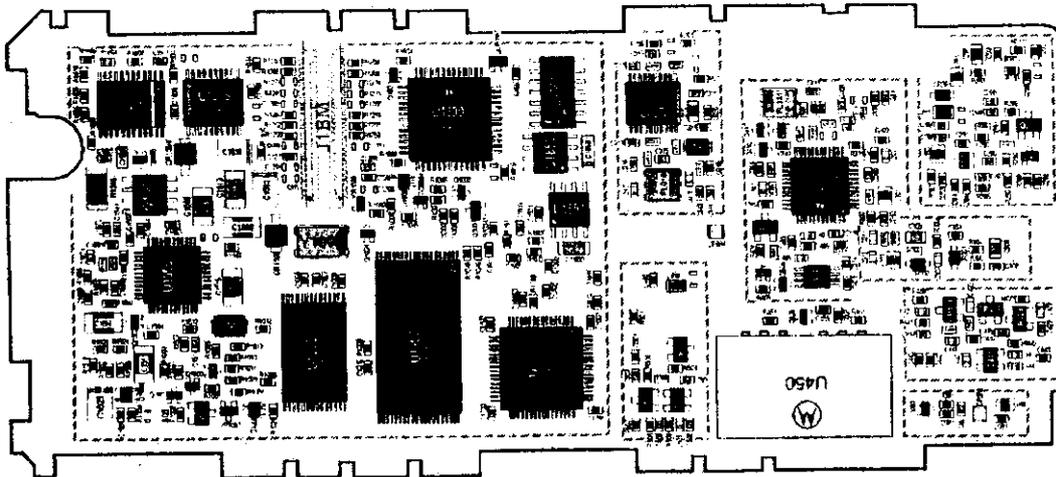
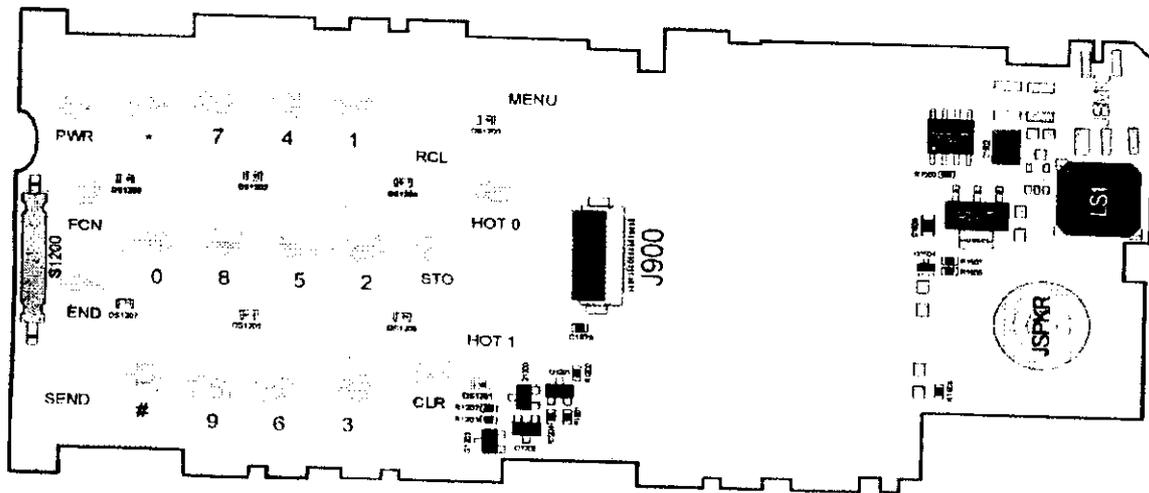
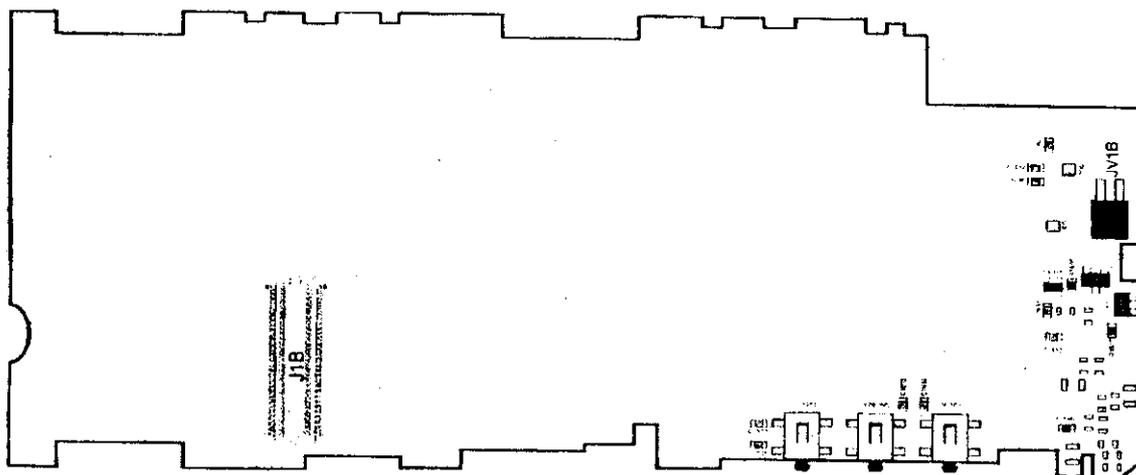


Figura 11: Placa Principal UltraTAC 700/750
(lado 2)



**Figura 12: Placa de Teclado UltraTAC 700/750
(lado 1)**



**Figura 13: Placa de Teclado UltraTAC 700/750
(lado 2)**

8. Procedimento para análise e reparo de aparelhos de telefonia celular móvel

A primeira atitude a ser tomada pelo técnico ou estagiário, no processo de análise e reparo dos aparelhos de telefonia celular móvel, é a leitura detalhada da ordem de serviço (OS) feita na recepção e assinada pelo cliente. Na OS, encontram-se a descrição do aspecto externo do aparelho (arranhões, indícios de pancada e de entrada de líquido etc), informações importantes, como por exemplo, se o aparelho encontra-se dentro do prazo de garantia de venda ou de serviço, se o aparelho está ligando, se consegue, ou não, completar ligações e a descrição do defeito, ou defeitos, reclamados pelo cliente e se os mesmos foram confirmados, ou não, na recepção. Estas informações irão ajudar o técnico a elaborar um diagnóstico mais preciso e efetuar um reparo mais rápido e eficiente.

Após a leitura da OS, o técnico começa a análise do aparelho, através de uma seqüência lógica de observações e testes:

- verificar se o aparelho está ligando;
- se o aparelho liga, são verificadas funções básicas, via teclado:
 - display;
 - memória de nomes e números (agenda);
 - visualização do *status* de carga da bateria;
 - se o aparelho desliga-se ou “trava”, ao se teclar;
 - alto-falante;
 - campainha;
 - motor do *vibracall*;
 - etc.
- o próximo passo é testar o aparelho no simulador, através da seguinte seqüência:
 - estando o aparelho conectado ao simulador, através dos cabos apropriados, é sintonizado o canal de testes e, em seguida, é liberada a portadora do sinal transmitido. A primeira grandeza a ser medida é a potência de transmissão, verificando-se também se o aparelho está fazendo corretamente a comutação dos *steps* de potência, ou seja, se o aparelho, à medida que varia sua distância da ERB mais próxima, também varia sua potência de transmissão;
 - Em seguida, são medidos o erro de frequência de transmissão (Tx Freq Error - valor máximo 1kHz), o desvio de modulação FM (FM Deviation - valor máximo 8 kHz), a frequência de áudio (AF Freq - valor máximo

10 kHz), o SAT e a sensibilidade de recepção (SINAD) e é conferido o Número de Série Eletrônico (ESN) do aparelho;

- Outros parâmetros importantes a serem medidos são BER (Bit Error Rate) e EVM (Error Vector Magnitude), que são diretamente responsáveis pelo “registro” do aparelho no sistema de telefonia móvel celular digital;

- É realizado um teste de carga para verificar se o aparelho está carregando corretamente a bateria;
- Após realizadas essas medidas, o técnico já tem condições de fazer um diagnóstico preliminar do aparelho, confirmando, ou não, as reclamações do cliente;
- O próximo passo é a análise interna do aparelho, onde é verificado se as placas principal e de teclado estão em boas condições, ou seja, se há empenos, devido a pancadas e/ou pressão, se existem indícios de entrada de líquido, ressoldas e resíduos de fluxo, componentes ou trilhas carbonizadas etc;
- Não sendo observado nada que comprometa a possibilidade de reparo do aparelho, parte-se, então, para a realização das medidas dos sinais e continuidades correspondentes ao(s) defeito(s) observado(s) no aparelho;
- Quando o aparelho não liga, é observado o consumo de corrente do mesmo, que fornece alguma “pista” sobre a possível causa do defeito, e parte-se para a análise interna;
- A partir das medidas realizadas na placa, o técnico decide se é necessário a troca de algum componente;
- Após solucionado o defeito, são feitos vários testes no aparelho e, dependendo do caso, o aparelho ainda permanece em observação durante um ou dois dias.

9. Conclusão

De imprescindível importância para quem se inicia na disputa por uma vaga no cada vez mais restrito e exigente mercado de trabalho, o estágio é muito mais que uma oportunidade de praticar aquilo que se aprendeu durante o curso universitário. É também a chance de aquisição de novos conhecimentos, de enfrentar e vencer desafios, de viver novas experiências.

Não basta, apenas, ter conhecimentos técnicos da profissão escolhida. Faz-se necessária a capacidade de saber se relacionar bem com outras pessoas, de raciocinar rápido, buscando a solução mais viável para um problema, e de agir sempre com honestidade.

10. Bibliografia

Alencar, M. S. (1998). *Telefonia Digital*. Érica, São Paulo, Brasil.

Hakko (1996). "Catálogo de Instrumentos". Material comercial, Hakko Corporation.

HP (1998). "Catálogo de Instrumentos Básicos". Material comercial, Hewlett Packard Brasil.

Motorola (1998). "Manual de Operação UltraTAC 700/750". Material didático, Motorola Incorporation.

Motorola (1998). "Minor Repair" – Apostila para Treinamento. Material didático, Motorola do Brasil Ltda.